

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE SORGO VARIEDAD CNIA-INTA BAJO DISTINTAS FUENTES DE SUMINISTRO DEL NITRÓGENO

Leonardo García-Centeno¹, Orlando Tellez² y Stephen C. Mason³

¹. MSc. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal. Km 12 ½ Carretera Norte Managua, Nicaragua. lgarcia@una.edu.ni

². Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Nicaragua, orlando_t_2001@yahoo.com

³. Universidad de Nebraska, P.O. Box 630915, Lincoln, NE 68583-0915, smason1@unl.edu



RESUMEN

Dada la importancia del cultivo de sorgo para pequeños y medianos productores nicaragüenses y su utilización para la producción de grano, la Universidad Nacional Agraria y el Programa INTSORMIL, desde el año 2000 evaluaron distintos materiales de sorgo. Después de tres años de resultados, se seleccionó la variedad CNIA-INTA por su buen rendimiento de grano para ser sometido a niveles bajos de fertilización (práctica del pequeño productor) y a un método alternativo que incluyen el uso de abono verde (*Vigna radiata* L.), como fuente de N. Con este propósito tres ensayos se establecieron en el ciclo de postrera del 2004. El primero en Tisma, Departamento de Masaya, el segundo en el Centro Experimental de Occidente (CEO) en el Municipio de Posoltega, departamento de Chinandega y el tercero en San Ramón, Matagalpa, en la Comunidad Guadalupe, ubicada a 10 km. de la cabecera departamental. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones. Cada parcela constituida de siete surcos de cinco m de largo, separados a 0.60 m. Se utilizaron los cuatro surcos centrales como parcela útil para muestreos de las variables a evaluar. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre localidades y tratamientos y para localidad x tratamiento para el rendimiento de grano (RG). Los tratamientos urea (toda) a la siembra ($6\,078\text{ kg ha}^{-1}$) y Mungo ($5\,655\text{ kg ha}^{-1}$) fueron estadísticamente iguales y ambos se diferenciaron del tratamiento urea fraccionada ($4\,488\text{ kg ha}^{-1}$). Entre localidades, Tisma obtuvo el mayor rendimiento con $7,259\text{ kg ha}^{-1}$ superior al obtenido en el CEO, con $3\,933\text{ kg ha}^{-1}$. No se encontraron diferencias entre tratamientos en el peso de mil granos y rendimiento de biomasa (RB), sin embargo, en San Ramón se obtuvo el

ABSTRACT

Given the importance of sorghum for Nicaraguan small and medium farmers and their use for grain production, the National Agrarian University (UNA), and INTSORMIL Program, since year 2000 have been evaluating sorghum varieties and land races. After three years of results, the good productive variety CNIA-INTA was selected to be evaluated at different low levels of nitrogen fertilization under the practices of the small farmers. An alternative method of fertilization that includes the use of biomass of *Vigna radiata* L. as source of N was also evaluated. Three trials were established during the second season of 2004. One in Tisma, Department of Masaya, the second at the Experimental research west Center (CEO), located in Posoltega, Department of Chinandega and the third in San Ramón, Matagalpa, in the community of Guadalupe, located 10 km apart from Matagalpa. A randomized completed block design with four replications was used; each plot was shaped by seven rows 5 m. long, separated 0.6 m. between each other. The four central rows were used as main plot to collect information. The analysis of variance showed highly significant differences between localities and treatments for grain yield. A significant interaction was determined between localities x treatment, on grain yield. Concerning grain yield, the whole amount of Urea at planting time ($6\,078\text{ kg ha}^{-1}$) and the use of Mungo ($5\,655\text{ kg ha}^{-1}$) were statistically equal and both differed from the fractioned urea treatment ($4\,488\text{ kg ha}^{-1}$). Considering localities, Tisma shows the largest yield with ($7,259\text{ kg ha}^{-1}$), with experimental research west center with the smaller yield ($3\,932\text{ kg ha}^{-1}$). There were not differences among treatments concerning weight of thousand grains, but in the case of localities, San Ramon, showed the larger weight (26.7 g). Biomass production was not affected

mayor peso (26.74 g) y el menor en CEO (23.78 g). La forma de suministrar nitrógeno no tuvo efecto sobre la materia seca producida, sin embargo, el tratamiento con mungo, superó ligeramente a la biomasa producida con fertilización química. El mismo comportamiento se obtuvo para esta variable entre localidades. Se obtuvo interacción positiva entre localidad x tratamiento, siendo en Tisma donde se alcanzan los mayores rendimientos cuando se aplica el N 30 días después de la siembra (dds). El uso de mungo, presentó el segundo mejor rendimiento en las dos localidades antes mencionadas.

Abreviaturas: dds: días después de la siembra, materia seca producida RB, rendimiento de grano RG, N: Nitrógeno.

by the way on how nitrogen was distributed. However, when Mungo was applied lightly overcome treatment with chemical fertilizers. The same behavior was obtained for this variable among localities. There was interaction between localities and treatments in the case of grain yield. Tisma, was the locality where Sorghum shows the higher yield. It is interesting that treatment using Mungo reach the higher yield in San Ramón, and the second in the remaining localities studied.

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), ha sido un alimento básico importante en las zonas tropicales, áridas y semiáridas de muchos países; siendo este cultivo una de las principales fuentes de energía, proteínas, vitaminas y minerales para millones de habitantes pobres del mundo (FAO, 1995). En el año 2004, se produjeron más de 54.7 millones de toneladas en el mundo. Los países de Centroamérica incluyendo México aportaron el 15.2 % del total mundial. En casi todos los países latinoamericanos se ha incrementado el uso del sorgo granífero durante los últimos años y en varios de ellos ha alcanzado tal importancia que hoy es considerado como uno de los principales rubros.

Para los agricultores nicaragüenses, el sorgo es un cultivo antiguo y es muchas veces utilizado como sustituto del maíz en la alimentación humana y animal. En la actualidad este cultivo ha adquirido más importancia, debido a su uso en la producción de alimentos concentrados para aves, cerdos y ganado bovino. En Nicaragua, el sorgo ocupó en el ciclo agrícola 2005-2006 el 6.1% del área sembrada de granos básicos, aumentando solo en un 0.58 % en el siguiente ciclo agrícola 2005-2006.

Según el MAGFOR (2005), la demanda de sorgo por la industria avícola para el 2005 se calculaba en 3.1 millones de quintales, por lo que la producción estimada para ese año calculada en 1.1 millones de quintales, no cubre la demanda interna, teniéndose que recurrir a la importación de 1.7 millones de quintales de maíz amarillo.

Las regiones del país consideradas como óptimas para el cultivo del sorgo, son la región II, III y IV correspondientes a los departamentos de León y Chinandega; Managua, y Masaya, Granada y Rivas respectivamente (INTA, 1995).

Entre los principales factores que afectan el rendimiento del grano se encuentran; el mal uso

de líneas (genotipos), condiciones ambientales y prácticas de manejo, otro problema es, las cantidades de fertilizantes requeridos por la planta de sorgo, la que varía dependiendo del tipo y las condiciones del suelo, por lo que las respuestas del cultivo varían según las condiciones en la que se establecen, situación que se agrava por el alto costo de los insumos especialmente los fertilizantes.

Desde 1989 se promovió grandemente en Nicaragua, la utilización de los abonos verdes para mejorar los rendimientos de los cultivos, especialmente en los granos básicos como maíz y sorgo. Los primeros trabajos desarrollados por el INTA y algunos organismos no gubernamentales mostraron que los rendimientos obtenidos con fertilizante químico eran mucho más altos que los obtenidos con los tipos de leguminosas que se compararon.

En los años subsiguientes, la adopción de esta tecnología fue muy baja, quizás debido a la muy poca información en relación al tipo de leguminosa según el cultivo, el propósito de la leguminosa, tiempo de siembra respecto al cultivo principal, tiempo de incorporación, etc. Las plantas a usar como abono verde deben ser de un corto periodo vegetativo, se recomienda de dos a tres meses. Las especies que se cultivan para abono verde deben llegar a producir abundante biomasa, es decir generar gran cantidad de raíces, tallos, hojas, flores, semillas, etc.; los cuales deben ser de fácil descomposición.

Según Bunch (1988), muchas, sino la mayoría, de la amplia variedad de leguminosas usadas son capaces de fijar de entre 75 y 400 kg de N por ha. Cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos de cultivos como el maíz y el sorgo. Mendieta (1999), estimo producciones de materia seca de 9.97, 10.4 y 13.8 tn ha⁻¹ para terciopelo, mungo y cowpea respectivamente, con fijaciones de nitrógeno de 259, 218 y 497 kg ha⁻¹

Espinosa (2000), evaluando la descomposición de biomasa de leguminosas arbóreas para ser utilizada como fuente de nutrientes, determinó que en madero negro y guanacaste el 100% de la biomasa se descompone en 8 semanas y granadillo en 15 semanas. Genízaro, a las 16 semanas, solo se había descompuesto un 78 %.

En leguminosas arbustivas, Mendieta (1999), reportó que la biomasa de cowpea que se incorpora al suelo al momento de la floración se descompone casi totalmente alrededor de cuatro semanas de incorporado, para mungo reporto siete semanas y para terciopelo 10 semanas para que estas se descompongan casi totalmente.

Corzo y Ramírez (1994), evaluando *Crotalaria* y Mungo como abono verde para sorgo y arroz en tres localidades de México, encontraron que el uso de cualquier de ellos incremento los rendimientos en ambos cultivos, y que estos tenían una tendencia (aunque sin diferencia estadística) a aumentar cuando antes de incorporarlos se les suministraba azufre y fósforo.

Bucardo y Mejía (1999), evaluando distintos tiempos de establecimiento del mungo respecto al establecimiento del maíz, encontraron que la siembra del mungo 15 días después de sembrado el maíz e incorporado cuando el mungo ha cumplido 30 días después de sembrado, obtuvieron un rendimiento de 4.3 tn ha⁻¹.

Dada la importancia del cultivo de sorgo para los pequeños y medianos productores y su utilización para la producción de grano, la Universidad Nacional Agraria y el Programa INTSORMIL, desde el año 2000 han venido evaluando distintos materiales de sorgo. En este proceso de trabajo y después de tres años de resultados, se selecciono la variedad CNIA-INTA por su buen rendimiento de grano para ser sometido a niveles bajos de fertilización (de acuerdo a posibilidades del pequeño productor) y a un método alternativo que incluye el uso de abono verde como fuente de N para el cultivo. Con este propósito se desarrollo el presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tres ensayos se establecieron en el ciclo de postrera del 2004. El primero se estableció en Tisma, Departamento de Masaya; en la finca del productor Ignacio Salazar. Tisma se localiza entre las coordenadas 12° 04', latitud norte y 86° 01' longitud oeste, a una altura de 70 m.s.n.m. Los suelos son moderadamente profundos, pobremente drenados de color gris muy oscuro que se derivan de aluviales viejos y depósitos lacustres mezclados con ceniza, comúnmente contienen sales y en algunos lugares algo de alcali, son de permeabilidad moderada y una zona radicular moderadamente profunda, tienen capacidad de humedad disponible moderadamente alta en el horizonte superficial y moderada en el subsuelo.

Estos suelos tienen una tabla de agua alta durante una parte del año.

El segundo ensayo se estableció en el Centro Experimental de Occidente (CEO). El CEO está ubicado en el Municipio de Posoltega, Departamento de Chinandega, este se ubica a los 12°33' de latitud Norte y 85°59' de longitud oeste, a una elevación de 80 metros sobre el nivel del mar. La zonificación ecológica según Holdridge (1982) es del tipo bosque subtropical seco, actualmente es una llanura sin bosque. Los suelos donde se estableció el ensayo pertenece a la serie Ingenio (E.I.) constituidos de textura franco-arenosa de origen volcánico (Andisoles) con topografía plana y ligeramente ondulados, profundos con buen drenaje (MAG, 1971).

El tercero se estableció en San Ramón, Matagalpa, en la finca de señor Catalino Figueroa en la Comunidad Guadalupe, ubicada a 10 mm. de la cabecera departamental, en las coordenadas 12°55' latitud norte y 85°50' de longitud oeste, con 650 msnm de elevación. Según la clasificación de Holdridge (1982), la zona pertenece a bosque húmedo subtropical, la precipitación anual oscila de 900 a 1200 mm, temperatura anual de 24 a 26°C, y humedad relativa de 77 a 80 %.

Descripción del diseño experimental. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones; cada parcela estaba constituida por siete surcos de cinco m de largo y separados a 0.60 m. El área de parcela fue de 21 m². Se utilizaron los cuatro surcos centrales como parcela útil para muestreos de las variables a evaluar. El área total del ensayo fue de 345 m². Los tratamientos utilizados fueron: 29.7 kg de N (urea) aplicados 30 dds, 29.7 kg de N (urea) 50 % 30 dds + 50 % a los 40 dds, y Mungo sembrado entre surco (a chorrillo) 15 dds del sorgo, e incorporado a los 45 dds del sorgo. Las localidades estudiadas fueron: Tisma, San Ramón y el Centro Experimental de Occidente (CEO).

Al momento de la siembra se aplico 1.5 qq de completo por hectárea a los tratamientos que se les aplicó N como fertilización química nitrogenada de una vez y fraccionada según el tratamiento. El tratamiento con mungo no recibió ningún tipo de fertilizante químico, y la leguminosa se sembró a chorrillo entre los surcos del cultivo de sorgo

Variables evaluadas. A la cosecha se midieron los siguientes variables: Rendimiento de grano RG (kg ha⁻¹): Después de cosechadas las parcelas, se les determinó el porcentaje de humedad, posteriormente se desgranó la panoja y se ajustó el rendimiento al 14% de humedad, se pesó y se expresó en kg ha⁻¹. Materia seca producida RB (kg ha⁻¹): Al momento de la cosecha se tomaron

10 plantas al azar por parcela útil, se registró el peso fresco, posteriormente se secaron a una temperatura de 65 °C por 72 horas y se registró el peso seco, y peso de mil granos (g). Los datos colectados se sometieron a análisis de varianza en Proc GLM de SAS, V9.1. Para la comparación de tratamientos se utilizaron contrastes, utilizando el programa mencionado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANDEVA) con una $p > 0.0001$ y un $R^2 = 0.97$, mostró diferencias altamente significativas entre localidades para el rendimiento de grano (RG). No se determinaron diferencias entre tratamientos en la producción de biomasa y peso de mil semillas. El mismo análisis mostró interacción altamente significativa entre localidad * tratamiento para el rendimiento de grano, por tanto este se verá influenciado por la localidad donde se siembre el sorgo. Los resultados del ANDEVA se presentan en la Tabla 1.

Biomasa seca producida. (RB). La separación de medias, según DMS 5% (Tabla 2) la producción de biomasa por parte de los tratamientos evaluados, muestra que existen diferencias entre las localidades, el mayor rendimiento se obtuvo en CEO con 4 101 kg / ha, diferente de las otras localidades y con menor rendimiento la localidad de Tisma con 3 396 kg / ha. Al evaluar los tratamientos, los resultados muestran que la separación de medias de DMS los ubica en una sola categoría. Sin embargo, el tratamiento con Mungo, muestra el mayor peso seco, superando a los restantes en cerca de 200 kg de por hectárea. Esto podría indicar que el Mungo no compite por nutrientes con el cultivo principal y que podría ser utilizado como una fuente alternativa de N, a este beneficio hay que anexar los efectos benéficos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo que este abono verde proporciona.

Benavides y Centeno (2006), reportaron una producción de biomasa en sorgo con mungo de 12.4 tn ha⁻¹ en la zona de San Francisco Libre, donde las precipitaciones son escasas.

Tabla 1. Análisis de varianza para todas las variables en estudio. Postrera 2004

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Rendimiento de grano	Producción de biomasa	Peso de granos
Bloques	3	NS	NS	NS
Localidad	2	**	*	*
Tratamientos	2	**	NS	NS
Localidad * Tratamiento	4	**	NS	NS
R ²		0.93	0.73	0.46
CV %		11.94	11.73	10.48

Tabla 2. Resultados de separación de medias según DMS (5%) en la producción de Biomasa seca, rendimiento de grano y peso de mil semillas. 2004

Factor	Biomasa (kg ha ⁻¹)	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Peso de mil granos (g)
Tratamiento			
29.7 kg de N aplicado 30 dds	3743	6078	25.5
29.7 kg de N aplicado en dos momentos	3725	4488	24.0
Siembra de Mungo entre surcos a los 15 dds.	3976	5655	25.1
DMS	467	673	2.7
Localidad			
Tisma	3396	7259	24.5
San Ramón	3947	5029	26.5
CEO	4101	3933	23.8
DMS	1115	537	0.94

Rendimiento de grano (RG). El ANDEVA muestra que existió efecto altamente significativo para esta variable, entre localidades, así como para la interacción entre localidades y tratamientos (Tabla 1). La DMS (Tabla 2) separó a esta variable en dos categorías, siendo el tratamiento con Mungo estadísticamente similar al tratamiento que recibió 29.7 kg de N ha⁻¹ 30 dds, aunque este último presenta mayor valor numérico para el caso de rendimiento.

Ensayos realizados por Bucardo y Mejía, (1999), evaluando distintos tiempos de establecimiento del mungo respecto al establecimiento del maíz, encontraron que la siembra del mungo 15 días después de sembrado el maíz e incorporado cuando el mungo ha cumplido 30 después de sembrado, obtuvieron un rendimiento de 4 300 kg ha⁻¹. Similares resultados obtuvo Benavides y Centeno (2006), utilizando el mismo sistema con sorgo en San Francisco Libre, obtuvo un rendimiento de 4 500 kg ha⁻¹, y cuando combino maíz + sorgo y mungo obtuvo un rendimiento ponderado de 3 595 kg ha⁻¹. Estos rendimientos son tan buenos como los obtenidos bajo condiciones de alta fertilización sintética. Los resultados del presente estudio, muestran que ante la falta de recursos de los pequeños productores para adquirir la urea, el uso de mungo es una efectiva alternativa

solamente para localidades. La separación de medias resultó en dos, siendo San Ramón el sitio donde se obtuvo el mayor peso (Tabla 2).

Interacción Localidad * tratamiento. Se encontró interacción positiva entre localidad y tratamiento para la variable RG (Tabla 3). Para Tisma y CEO el tratamiento de 29.7 kg de N aplicado 30 dds muestra el rendimiento superior, y la aplicación fraccionada provoca una disminución del rendimiento. El tratamiento con mungo alcanzó el segundo mejor rendimiento en ambas localidades e inverso para la localidad de San Ramón.

Los resultados de la interacción también mostraron, que en Tisma, fue donde se dieron los más altos rendimientos que las otras localidades independientemente de la forma en que se aplique el nitrógeno o la fuente de éste que se utilice.

También se puede observar que el uso de Mungo en las tres localidades puede generar rendimientos superior a los 4000 kilogramos, por lo que se constituye en una fuente de nitrógeno, sobre todo para pequeños productores, que permite la obtención de aceptables rendimientos.

Tabla 3. Resultados de la separación de medias en la interacción tratamiento x localidad, para rendimiento de grano (kg ha⁻¹)

TRATAMIENTO	LOCALIDAD			DMS
	Tisma	San Ramón	CEO	
29.7 kg de N aplicado 30 dds	9060	4726	4448	527
29.7 kg de N aplicado en dos momentos	5360	4984	3121	527
Siembre de Mungo entre surco a los 15 dds	7358	5379	4229	527
DMS	527	527	527	

para obtener buenos rendimientos a bajo costo. A este beneficio, hay que incluir los adicionales sobre las propiedades de los suelos que poseen los abonos verdes (Vega y Flores, 2003).

El ANDEVA mostro también diferencias altamente significativas entre localidades. La DMS las separó en tres categorías, siendo en Tisma donde se alcanzó el mayor rendimiento, seguido de San Ramón y luego el CEO. Probablemente la tabla de agua que está relativamente cercana a la superficie del suelo en Tisma y la mejor distribución de las lluvias en San Ramón, hayan sido factores que hayan propiciado los mejores rendimientos en estas localidades (Tabla 2).

Peso de mil granos. El ANDEVA general indica que existe efecto significativo ($pr=0.005$) sobre esta variable

CONCLUSIONES

La producción de materia seca, solo fue afectada por las localidades.

La aplicación de 29.7 kg de nitrógeno a los 30 dds genera altos rendimientos independientemente de las localidades evaluadas.

El rendimiento de grano disminuye cuando el N se aplica fraccionado, pero puede variar de acuerdo a la localidad.

El peso de mil semillas no es afectado por los tratamientos ni por las localidades.

El uso de Mungo como fuente de N produce buenos rendimientos independientemente de la zona donde se siembre.

RECOMENDACIONES

Someter a validación (sobre todo con pequeños productores) la producción de grano de sorgo utilizando

el Mungo como fuente de N, y evaluar los efectos positivos sobre las propiedades del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bucardo H, E., y Aragon M. 1996. Evaluación de diferentes fechas de incorporación del frijol Mungo (*Vigna radiata*) en asocio con Maíz. Trabajo de Tesis, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 51 p.
- Bunch, Roland. 1988. COSECHA (Asociación de Consultores para una Agricultura Sostenible, Ecológica & Centrada en las Personas). Apartado 3586. Tegucigalpa, Honduras.
- Corzo C., M. M. y Ramírez V., N.Y. 1994. Eficiencia de una mezcla de Frijol Caupí con frijol Mungo, fertilizados y aplicados como abono verde para un cultivo de Sorgo de Espinal (Tolima). Universidad del Tolima. Ingeniería Agronómica. Ibagué. 97 p.
- Espinoza S, Sergio. 2000. Monitoreo del proceso de mineralización de cuatro especies leguminosas arbóreas: *Phytolobium sama* (Jacq), *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq), *Gliricidia sepium* (Jacq), *Platymisium pennatum* (Jacq), para ser utilizadas como abono verde en el Municipio de San Dionisio, Matagalpa., trabajo de tesis, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 49 p.
- FAO. 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana (Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27) 197 p.
- Holdridge L, L. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Por Humberto Jiménez Saa. 1a ed. San Jose, Costa Rica, IICA. 216 p.
- INTA, 1995. Cultivo de Sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua (Nic), 14 p.
- MAG, 1971. Manual práctico para la interpretación de suelos, catastro e inventario de recursos naturales. Managua (Nic), 39 p.
- MAG, 1996. Información anual de granos básicos en Nicaragua. MAGFOR. 32 p.
- MAGFOR. 2005. Ministerio de Agricultura y Ganadería Evaluación del ciclo agrícola 2004/2005 y proyecciones. 24p. Disponible en : http://www.magfor.gob.ni/tematica/pnll_siembra.html.
- Mendieta L, M. A. 1999. Monitoreo del proceso de mineralización de tres especies de leguminosas (*vigna radiata*, *Vigna unguiculata* y *mucuna* sp) usadas como abono verde en el Municipio de San Dionisio, Matagalpa. Trabajo de tesis, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 68 p.
- Pineda L, L. 1997. La producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instituto Técnico, INTA, CNIA. Managua (Nic), 55 p.
- Vega, K.; Flores M. 2003. Experimentación Campesina del Cultivo de Yuca (*Manihot esculenta*) en Monocultivo y en Asocio con Frijol Alacín (*Vigna unguiculata*) en el Sur de Honduras. Noticias sobre cultivos de cobertura / boletín no. 14. CIDICCO.